

выпущенных расплавленных продуктов на стол для заливки обеспечивает растекание шлака и металлического сплава в тонкие листы, которые можно легко измельчить для последующей переработки. Металлический расплав по своим свойствам аналогичен белому чугуна и содержит приблизительно 2–4 масс. % углерода, который обеспечивает хрупкость материала и понижает его точку плавления. Концентрация металлов платиновой группы в металлическом сплаве достигает 3–4 %.

Отходящие из печи газы состоят в основном из аргона (из плазменной горелки и после продувки газом) и монооксида углерода (из реакций восстановления), возможно также присутствие некоторых количеств пара (из влаги в исходном сырье). Отходящие газы также захватывают малое количество твердых частиц, что связано с неполным циклом переработки сырья в печи. Эффективное управление вытяжным вентилятором для поддержания требуемого давления всасывания внутри печи минимизирует перенос твердых частиц из печи, но при этом следует отметить, что чрезмерное измельчение материала шихты для получения более тонкой фракции только усугубляет данную проблему, которую неизбежно придется решать в ходе эксплуатации системы.

Отходящие из плазменной печи газы попадают в печь-окислитель (вторичная камера сгорания), с минимальной температурой работы 850 °С, при этом время пребывания газовой фазы с момента ввода окислителя составляет не менее 2 секунд. Для нагрева печи-окислителя до требуемой температуры используют регулирующую горелку. Кроме этого, нагнетательный вентилятор подает свежий воздух для сгорания в основании печи-окислителя, а оборотный воздух для обеспечения полного сгорания и охлаждения можно вводить независимо на выходе печи-окислителя. Большая часть золы, получаемой в результате сгорания, и тонких частиц, выходящих из печи, собирается в бункере печи-окислителя.

В результате плавки, охлажденный и измельченный металл-коллектор с высоким содержанием металлов платиновой группы отправляется на дальнейшей извлечение драгоценных металлов.

УДК 66.041.474

А. С. Домрачев, М. Д. Казяев

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

ТЕПЛОВАЯ РАБОТА КАМЕРНОЙ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЕЧИ ДЛЯ ТЕРМООБРАБОТКИ ОПОРНЫХ ВАЛКОВ ПРОКАТНЫХ СТАНОВ

Аннотация

В работе рассмотрена тепловая работа камерной вертикальной печи после технического перевооружения, связанного с применением современных топливо сжигающих устройств и новых футеровочных материалов. До недавнего времени эта печь была оснащена горелками типа ГНП и кирпичной многослойной футеровкой. При техническом перевооружении были использованы скоростные рекуперативные горелки фирмы «Elster Kromschroder» и керамоволокнистые блоки фирмы «KERATECH». Введена система комплексной автоматизации на аппаратной базе фирмы «Siemens». Цель технического перевооружения – энерго-ресурсосбережения связанное со снижением расхода топлива и удлинением срока эксплуатации печи.

Ключевые слова: нагревательная печь; техническое перевооружение; скоростные рекуперативные горелки; волокнистая футеровка; комплексная автоматизация.

Abstract

In work the thermal work of the chamber vertical furnace is considered after the technical re-equipment associated with the use of modern fuel burning devices and new lining materials. Until

recently this stove burner was equipped with obsolete design and multi-layer brick lining. When retooling was used speed recuperative «Elster Kromschroder» company and ceramic-fiber burner blocks of the company «KERATECH». Introduced system of the overall automation. The purpose of the technical re-equipment is energy-resource saving connected with the reduction of fuel consumption and the lengthening of the service life of the furnace.

Keywords: heating furnace; technical re-equipment; speed recuperative burners; fiber lining; integrated automation.

Промышленные печи, построенные в XX веке, характеризуются следующими конструктивными особенностями:

- массивная кирпичная футеровка;
- неавтоматизированные горелки;
- часто – отсутствие утилизации тепла уходящих газов.

Техническое перевооружение промышленных печей в XXI веке ведется с целью энерго-ресурсосбережения, улучшения экологической обстановки, повышения производительности и качества выпускаемой продукции [1]. На примере вертикальной термической печи Уралмашзавода рассмотрены методы улучшения конструкции нагревательных печей.

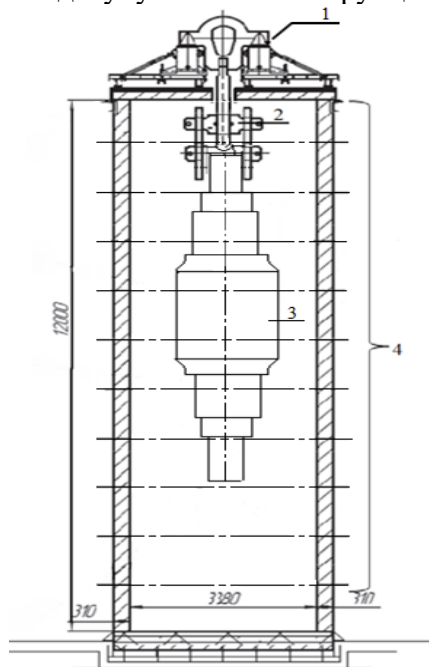


Рис. 1. Схема вертикальной печи для термообработки валков прокатных станов:
1 – крышка печи; 2 – приспособление для подвески изделия; 3 – нагреваемое изделие;
4 – оси горелок

1 Замена футеровки

Исходная конструкция печи была выполнена из огнеупорного кирпича с плотностью 2000 кг/м³ и теплоизоляционного кирпича с плотностью 1000 кг/м³. Общая масса футеровки составляла $G_{\phi}' = 126260$ кг. Срок службы между капремонтами составлял 3...5 лет.

После технического перевооружения произведена замена огнеупоров на блоки из керамоволокнистых материалов [2]. Масса футеровки составила $G_{\phi}'' = 12076,4$ кг при $\rho = 280$ кг/м³, с гарантированным сроком службы – 10 лет.

Снижение массы футеровки составило:

$$\Delta G = \frac{G_{\phi}' - G_{\phi}''}{G_{\phi}'} \cdot 100; \quad (1)$$

$$\Delta G = \frac{126260 - 12076,4}{126260} \cdot 100 = 90 \, \%.$$

2 Замена топливосжигающих устройств

Прежняя конструкция печи была оснащена неавтоматизированными горелками, сжигающим природный газ с холодным воздухом. Управление горелок осуществлялось вручную.

После технического перевооружения печь оснастили скоростными автоматизированными рекуперативными горелками фирмы «Kromschroder», использующими воздух для горения газа, подогреваемый до температуры 300...400 °С, которые обеспечивают высокую скорость истечения газов, интенсивную циркуляцию в рабочем пространстве печи и, тем самым, повышение конвективной составляющей теплообмена, что приводит к резкому повышению равномерности нагрева изделия. Это особенно важно в периоды длительных технологических выдержках, характерных при термообработке.

Схематично конструкция горелки показана на рисунке 2.

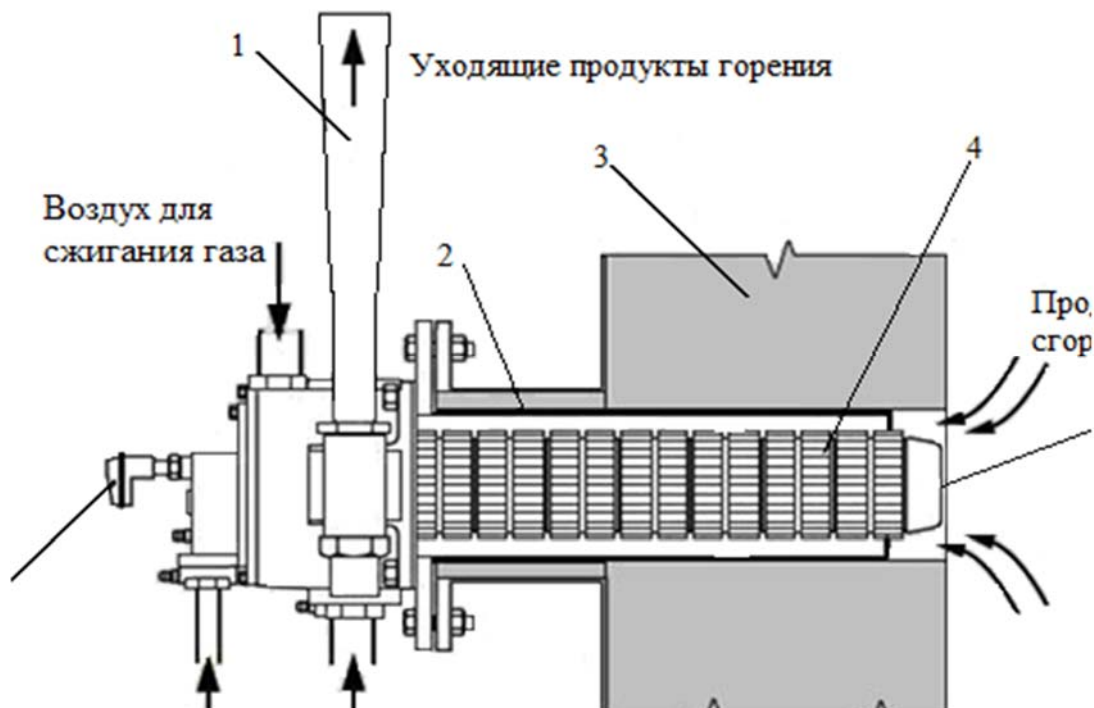


Рис. 2. Конструкция горелки Ecomax:

1 – эжектор; 2 – жаровая труба; 3 – футеровка печи; 4 – рекуператор; 5 – носик горелки;
6 – электрод зажигания и контроля пламени

3. Введение автоматизации теплового режима.

С этой целью рабочее пространство печи по высоте разделено на 5 зон управления, в каждой из которых установлены термодатчики для регулирования и контроля температур печной среды. График температурного режима вводится в управляющий компьютер, от которого работает система управления печи. Каждая горелка имеет свой блок электронного управления, обеспечивающий давление газа и воздуха перед горелкой и постоянное соотношение между расходами воздуха и газа. Регулирование температуры в каждой зоне печи осуществляется по импульсному режиму, при котором горелки работают по системе «включено-выключено».

Для сравнения основных показателей работы печи сопоставлены тепловые балансы до и после технического перевооружения, при одинаковом температурном режиме.

Тепловой баланс печи до технического перевооружения предоставлен в таблице 1.

В результате сравнительных балансовых исследований тепловой работы печи до и после технического перевооружения были получены следующие результаты:

- уменьшение удельного расхода тепла на 55,6 %;
- увеличение коэффициента использования тепла на 25 %;
- снижение потери теплоты с теплопроводностью на 25,6 %;
- снижение потери теплоты на аккумуляцию кладки на 44 %.

Таблица 1

Тепловой баланс вертикальной термической печи до технического перевооружения [2]

№ п/п	Приход			№ п/п	Расход		
	Статьи	кДж	%		Статьи	кДж	%
1	Химическая теплота топлива	267188760	100,00	1	Полезно затрачен- ная теплота	22206600	8,31
				2	Потери теплоты с уходящими газами	146327040	54,77
				3	Потери теплопро- водностью	49406400	18,49
				4	Потери приспособ- лениями	4020840	1,50
				5	Потери теплоты на аккумуляцию	45227880	16,93
	Суммарный приход теплоты	267188760	100		Суммарный рас- ход теплоты	267188760	100

Удельный расход топлива 245 кг у.т/т.

Тепловой баланс печи до технического перевооружения предоставлен в таблице 2.

Таблица 2

Тепловой баланс вертикальной термической печи после технического перевооружения

№ п/п	Приход			№ п/п	Расход		
	Статьи	кДж	%		Статьи	кДж	%
1	Химическая теплота топлива	163037650	88,02	1	Полезно затрачен- ная теплота	37137141	20,05
2	Физическая теплота подо- гретого воздуха	22192110	11,98	2	Потери теплоты с уходящими газами	79662882	43,01
				3	Потери теплопро- водностью	36749584	19,84
				4	Потери приспособ- лениями	6672351	3,60
				5	Потери теплоты на аккумуляцию	25007802	13,50
	Суммарный приход теплоты	185229760	100		Суммарный расход теплоты	185229760	100,00

Удельный расход топлива 108 кг у.т/т.

Вывод: Таким образом, внедрение отмеченных выше мероприятий показывает их эффективность, и предложенный комплекс работ может быть рекомендован, как базовый, при техническом перевооружении печей.

Список использованных источников

1. Спитченко Д.И., Вохмяков А.М., Киселев Е.В., Казяев М.Д., Казяев Д.М. Техническое перевооружение вертикальной камерной печи для термической обработки крупных поковок // Известия вузов. Черная металлургия. 2013. № 9. С. 38–43.
2. Казяев М.Д., Вохмяков А.М., Киселев Е.В., Спитченко Д.И., Казяев Д.М., Еремин А.О. Исследование тепловой работы камерных вертикальных термических печей с различными системами отопления и конструкциями футеровок // Творческое наследие В.Е. Грум-Гржимайло: прошлое, современное состояние, будущее: сборник докладов междуна-

родной научно-практической конференции (27-29 марта 2014 г., г. Екатеринбург). – Екатеринбург: УрФУ, 2014. Ч. 1. – С. 246-259.

3. Спитченко Д.И., Вохмяков А.М., Киселев Е.В., Казяев М.Д., Казяев Д.М. Исследование тепловой работы вертикальной термической печи после технического перевооружения // Теплотехника и информатика в образовании, науке и производстве: сборник докладов II Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (ТИМ'2013) с международным участием (28–29 марта 2013 г.). – Екатеринбург: УрФУ, 2013. – С. 93–102.

УДК: 669.184.144.8

В. А. Дудко, В. И. Матюхин, А. В. Матюхина, С. Я. Журавлев, К. А. Зельманчук
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ СЛОЯ КУСКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ В МЕТАЛЛИЧЕСКОМ ВЕРТИКАЛЬНОМ БУНКЕРЕ

Аннотация

Переработка большинства рудных металлургических материалов осуществляется в кусковом виде при различной степени дисперсности. Для хранения этих материалов и реализации различных технологических процессов используют вертикальные цилиндрические, конические или комбинированные сосуды (бункеры для хранения, шахтные печи и др.). Вследствие образования подвижных сводовых конструкций в структуре слоя между отдельными кусковыми элементами и стенами рабочего пространства шахтного объекта происходит саморегуляция процессов разгрузки дисперсных элементов с ограничением их производительности. В качестве решения данной проблемы было предложено использование импульсной подачи сжатого воздуха в слой посредством равномерно распределенных по сечению шахтного объекта фурм. Исследования проводились на холодной физической модели. Полученные результаты позволили определить оптимальные параметры работы пневмоустановки, а также сделать ряд выводов о целесообразности применения пульсирующего дутья.

Ключевые слова: шахтный агрегат, подвешивание слоя, пульсирующее дутье.

Abstract

Processing of the majority of ore metallurgical materials is carried out in a lumpy form with different degrees of dispersion. To store these materials and implement various technological processes, use vertical cylindrical, tapered or combined vessels (storage bins, shaft furnaces, etc.). Due to the formation of movable arched constructions in the structure of the layer between individual lump elements and walls of the working space of the mine facility, self-regulation of the processes of discharging disperse elements with a restriction of their productivity takes place. As a solution to this problem, it has been proposed to use the pulsed supply of compressed air to the bed by means of tuyeres uniformly distributed along the section of the mine object. The research was carried out on a cold physical model. The obtained results made it possible to determine the optimum parameters of the operation of the pneumatic installation, and also draw a number of conclusions about the advisability of applying pulsating blasting.

Keywords: mine aggregate, layer suspension, pulsating blast.

В условиях интенсивного развития технологий слоевых процессов появляется необходимость регулирования процесса выгрузки кусковых материалов. В промышленности имеется ограниченное количество приемов для управления этим процессом.

Механическое разрушение сводовых конструкций из обрабатываемых кусковых материалов с применением механических виброустройств, устанавливаемых на внешней поверх-